

文章编号: 1000-8608(2019)03-0302-08

预应力度对节段拼装桥墩抗震性能影响研究

包龙生, 宋吉宏, 于玲*

(沈阳建筑大学 交通工程学院, 辽宁 沈阳 110168)

摘要:为了研究预应力度对节段拼装桥墩抗震性能的影响,采用ABAQUS有限元软件对不同预应力度的桥墩进行仿真模拟分析,并通过拟静力试验验证模拟准确性。由模拟与试验结果得到:预应力连接的节段拼装桥墩滞回曲线呈旗帆型;节段间榫卯剪力键提供抗剪承载力,减小了桥墩节段间应力及位移,避免了节段间的相对滑移;ABAQUS有限元软件对桥墩的数值模拟与试验相比误差不超过15%;随着预应力度的增大,节段拼装桥墩屈服位移和极限位移有一定的增加,累积耗能能力显著增强,但对桥墩延性及残余位移影响不大。

关键词:节段拼装桥墩;抗震性能;拟静力试验;预应力度;数值分析

中图分类号:U443.22

文献标识码:A

doi:10.7511/dlgxb201903012

0 引言

近年来我国装配式建筑日趋成熟,节段拼装技术越来越多地应用在装配式桥梁中,减少了桥梁在施工阶段的工期、人员作业、环境污染及交通影响,提高了我国装配式建筑发展速度。

20世纪40年代,法国工程师Freyssinet率先将预应力混凝土应用在预制装配式桥梁施工中,在马恩河畔东侧建造Luzancy桥等5座同类型施工方法的桥梁^[1]。20世纪60年代,美国联邦公路局研究制造预制节段拼装桥梁,减轻了美国的环境问题^[2]。1982年在美国佛罗里达州竣工的Long Key Bridge^[3],其桥墩设计采用装配式V形;同年同地建设的Seven Mile Bridge,其桥墩设计采用装配式空心桥墩。1987年在美国北卡罗来纳州蓝色山脊公园道竣工使用的Linn Cove高架桥^[4],其桥墩设计采用多节段拼装桥墩。1999年在美国科罗拉多州投入使用的Vail Pass公路桥,其下部桥墩也采用多节段拼装构造结构形式^[5]。2005年东海大桥^[6]建成通车,成为我国首例采用装配式桥墩技术的大桥。2008年竣工使用的杭州湾跨海大桥^[7],桥墩采用单节段预制拼装,墩身为

空心矩形。2009年港珠澳大桥^[8]开工建设,于2017年实现主体工程全线贯通,墩身为多节段拼装而成,配有外露钢筋,采用现浇混凝土湿接头连接。

综上所述,节段间连接方式是拼装技术的核心,采取稳固的拼接方式和精密的施工技术能够避免节段间存在的较大滑动位移。本文针对预应力连接节段拼装桥墩,通过ABAQUS有限元软件对不同预应力度节段拼装桥墩做仿真模拟,并对预应力度为70%的桥墩试件做拟静力试验加以验证,研究预应力度对节段拼装桥墩抗震性能的影响。

1 节段拼装桥墩受力性能分析

节段拼装桥墩在外荷载作用下会发生受力变形,如图1所示。第一阶段节段接缝间无裂缝产生,桥墩固结为整体,通过欧拉-伯努利假设桥墩横截面在变形前后均垂直于中性轴能够得到荷载-位移曲线。第二阶段节段接缝间产生裂缝,接缝间的压应力由所施加的力矩承担,接缝张开致使裂缝相邻区域内的应变分布高度非线性化。需在传统的曲率分析方法上假设接缝张开处混凝土抗拉强度为零,并且压缩区应变呈线性分布。通过

收稿日期: 2018-09-11; 修回日期: 2019-01-17。

基金项目:“十三五”国家重点研发计划项目(2018YFC0809606);辽宁省重点研发计划指导计划项目(2018416028);沈阳市城乡建设委员会城乡建设系统科研项目(201804)。

作者简介:包龙生(1971-),男,博士,教授,E-mail:13516094255@163.com;于玲*(1971-),女,硕士,教授,E-mail:476171696@qq.com。

设置贯穿于墩身的预应力钢绞线张拉后与上部结构恒载一起对桥墩起到预压作用, 提供塑性铰区的抗弯、抗剪能力。

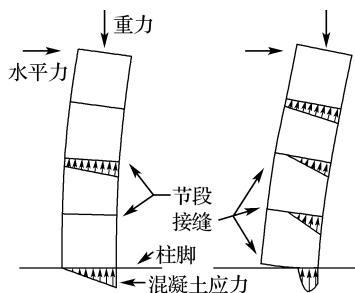


图 1 节段拼装桥墩两个力学阶段

Fig. 1 Two mechanical stages of segmental assembly pier

2 试验概况

2.1 模型尺寸

桥墩模型参照沈阳中央大街跨浑河桥, 考虑到试验规模、人员需求、数值分析效率等因素, 选择对原桥墩图纸进行 1:4 缩尺设计。模型采用相似第二定理 π 理论, 要求相似模型与原模型具有相似的应力应变曲线。为保证相似模型与原模型一致性, 要保证模型弹性模量、泊松比不变, 模型参数比如表 1 所示。

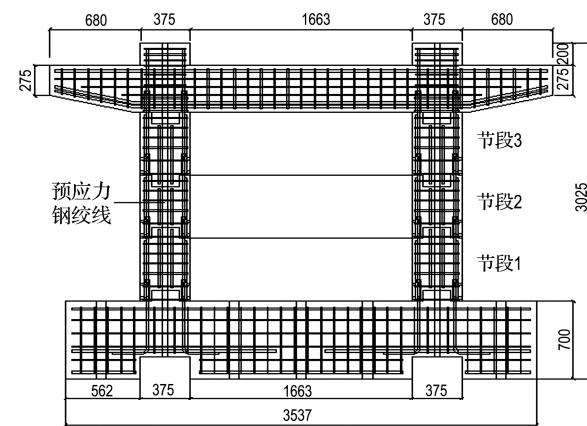
表 1 模型参数比

Tab. 1 Model parameter ratio

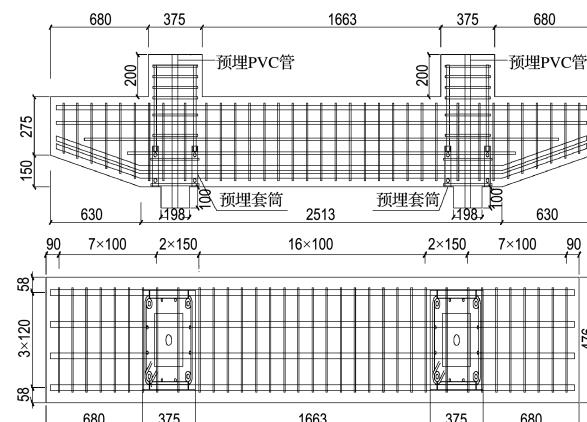
物理参数	相似常数	备注
长度	0.250 00	控制尺寸
应变	1.000 00	控制材料
等效弹性模量	1.000 00	控制材料
等效应力	1.000 00	控制材料
质量密度	2.000 00	控制材料
质量	0.031 25	控制材料
集中力	0.062 50	控制荷载
线荷载	0.250 00	控制荷载
面荷载	1.000 00	控制荷载

桥墩试件承台为 C30 混凝土, 墩柱为 C40 混凝土, 盖梁为 C50 混凝土, 节段间设置套筒连接。预应力筋采用 1 束 3×15.2 mm 钢绞线, 锚固端位于承台预留贯通凹槽中, 张拉端锚固于盖梁上部构件方槽内, 预应力钢绞线在构件预制中预留 PVC 管道, 张拉完毕后将多余预应力筋切除封锚。为准确记录张拉有效应力, 减小预应力损失,

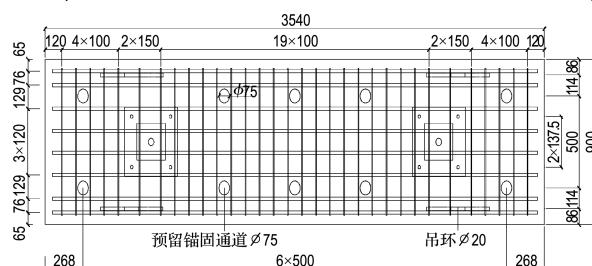
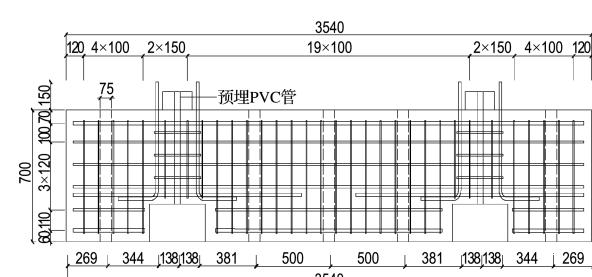
在进行张拉过程中以油压表和应变记录数值为准, 伸长量作为主要参考依据, 模型具体尺寸如图 2 所示。



(a) 节段拼装桥墩构造及配筋构造图



(b) 盖梁平、立面构造及配筋构造图



(c) 承台平、立面构造及配筋构造图

图 2 桥墩构造及配筋图

Fig. 2 Pier structure and reinforcement diagram

墩身分为 3 节段, 节段间设置榫卯结构的剪力键装置来避免节段间发生相对滑移, 榫卯尺寸为 $2000 \text{ mm} \times 200 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$, 如图 3 所示。

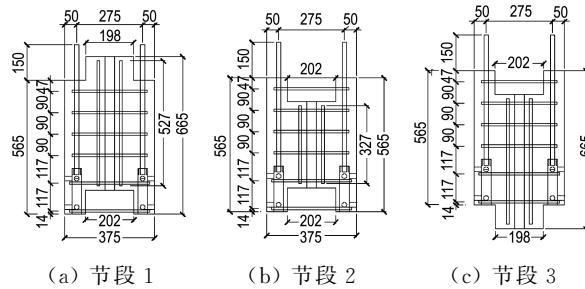


图 3 桥墩节段构造图

Fig. 3 Pier segment structure map

2.2 材料特性

依据《普通混凝土力学性能试验方法标准》^[9], 测得桥墩试件盖梁、墩身、承台的抗压强度均值分别为 56.4、43.3 和 33.5 MPa。依据《水泥基灌浆材料应用技术规范》^[10], 灌浆料初始流动度为 310 mm, 30 min 流动度为 280 mm, 1 d 抗压强度为 38 MPa, 28 d 抗压强度为 80.5 MPa。依据《金属材料室温拉伸试验方法》^[11], 测得钢筋力学性能如表 2 所示。

表 2 钢筋力学性能

Tab. 2 Mechanical properties of steel bar

直径/mm	屈服荷载/kN	极限荷载/kN	屈服强度/MPa	极限强度/MPa
10	36.06	55.54	459.12	677.34
12	50.82	68.15	446.99	602.60
18	111.70	142.83	439.08	561.26
22	170.92	247.74	452.96	620.01

3 有限元结果分析

本文选用 ABAQUS 有限元软件对不同预应力桥墩模型进行拟静力仿真试验分析。混凝土单元采用 C3D8R, 钢筋桁架单元采用 T3D2, 预应力钢绞线模拟采用降温法, 在材料中定义一个温度膨胀系数为 1.2×10^{-5} 。混凝土本构关系取塑性损伤模型^[12], 钢筋本构关系取二折线模型^[13]。为研究预应力对节段拼装桥墩影响, 控制预应力为单一变量参数, 预应力配筋率均为 0.21%, 耗能钢筋配筋率为 0.5%。结合试验桥墩, 将预应力划分为 0、30%、50%、70%、100% 的桥墩模

型, 分析预应力对节段拼装桥墩抗震性能影响。

3.1 模型建立

有限元模型按照试验桥墩的实际尺寸创建部件, 设定模型的材料与截面属性, 装配式节段拼装桥墩节段间的连接依靠设置的榫卯剪力键结构通过钢套筒连接, 钢套筒的模拟采用薄壁壳单元旋转 360°, 装配部件单元输出变量, 设定单元与单元之间的相互约束, 添加荷载边界条件并设置对应的分析步, 桥墩模型及节段网格划分如图 4 所示。

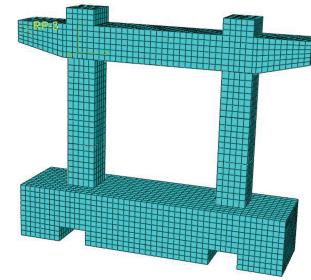


图 4 模型网格划分

Fig. 4 Model mesh generation

3.2 预应力对延性影响模拟

桥墩延性指桥墩在初始刚度没有明显下降的非弹性变形能力^[14]。本文选用位移延性来比较不同预应力桥墩的区别, 如表 3 所示, 位移延性系数可定义为结构破坏时极限位移与屈服位移的比值^[15]。

表 3 模拟桥墩位移延性系数

Tab. 3 Displacement ductility coefficient of simulated pier

试件	屈服位移/mm	极限位移/mm	位移延性系数
无预应力	8.81	64.96	7.37
JD-3	8.92	67.24	7.54
JD-5	9.05	69.12	7.64
JD-7	9.32	73.31	7.87
全预应力	9.74	78.75	8.09

对比 5 组试件可得, 预应力的增大使桥墩试件极限位移增加, 但屈服位移也随之增加, 因此位移延性相差甚小, 说明预应力的增大对桥墩位移延性无显著影响。

3.3 预应力对残余位移影响模拟

残余位移指结构在卸载至零后产生的不可恢复的位移量^[16]。通过桥墩试验现象描述可知, 桥

墩在加载方向侧破坏较为严重,故选取5组试件在每个滞回位移(D)下的南北侧平均值作为桥墩的残余位移(d)来比较,如图5所示。

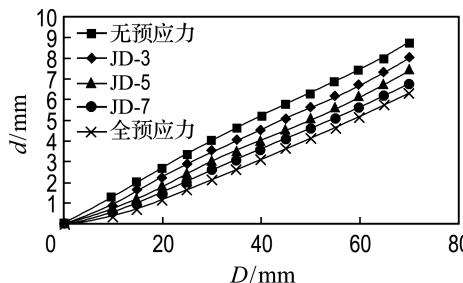


图5 模拟桥墩残余位移曲线

Fig. 5 Residual displacement curve of simulated pier

对比分析5组桥墩试件的残余位移可知,其差异甚小,不足3 mm,说明预应力度的增大对桥墩恢复力没有明显提高,从而对震后桥墩的残余位移没有减小优化作用。

3.4 预应力度对累积耗能能力影响模拟

累积耗能能力^[17]是指在低周往复荷载作用下得到的荷载-位移滞回曲线所包围面积的大小。对于桥墩来说,具有良好累积耗能能力可以使桥墩在地震中消耗掉大量的能量,保证桥墩不被大面积破坏,这对桥梁设计来说十分重要。5组桥墩试件耗能能力如图6所示。

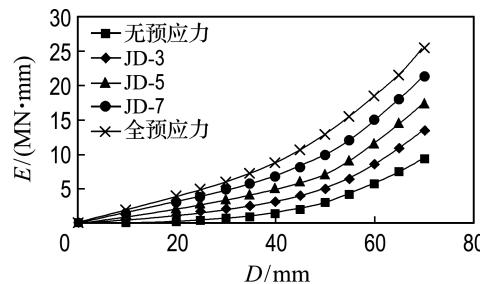


图6 模拟桥墩耗能能力

Fig. 6 Energy dissipation capacity of simulated pier

桥墩试件累积耗能能力是指试件每级位移所产生的耗能总和,计算得出5组桥墩累积耗能能力分别为36 250、59 500、83 750、110 200、136 950 kN·mm。

对比分析5组桥墩试件的耗能能力可知,高预应力度试件累积耗能能力要优于低预应力度试件,说明预应力度的增大可以提高桥墩的累积耗能能力,对桥墩消耗掉地震波的能量有利。

4 试验现象与数值分析比较

对JD-7桥墩做试验,与数值模拟对比,阐明预应力节段拼装桥墩受力特征。试验时通过MTS对盖梁质心进行水平加载,加载方向为南北方向,桥墩双柱记录方式为靠近MTS一侧的墩柱为北柱墩,远离MTS一侧的墩柱为南柱墩。每柱桥墩又分为东、西、南、北4面,分别记做S1、S2、S3、S4。

4.1 试验装置及测量系统

依据等比缩尺原理将工程中桥梁上部结构的实际荷载等效为270 kN,相应设计的轴压比为0.1。MTS装置水平实际加载点为盖梁侧面质心处,往复荷载作用力沿盖梁轴线传递。试验加载如图7所示。

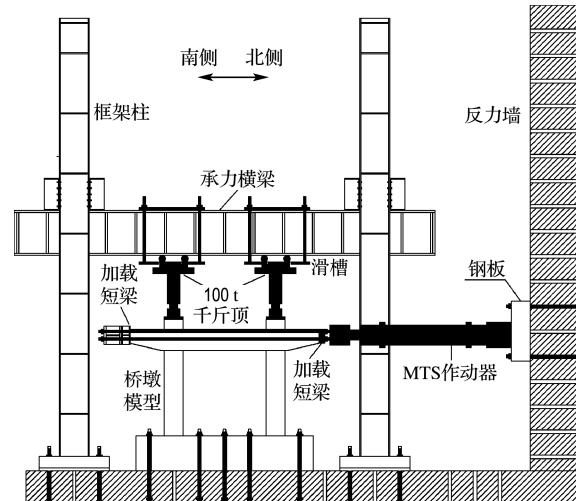


图7 试验装置加载示意图

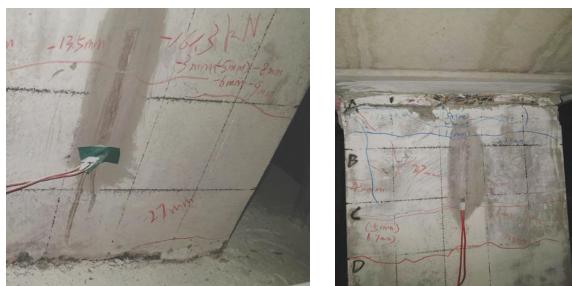
Fig. 7 Test device loading diagram

试验采用变幅、等幅混合位移控制加载方式。试验初始幅值按照1、2 mm逐渐加大,加载速度2 mm/min,采样频率2 s⁻¹。确定屈服位移后按照屈服位移整数倍加载,即1Δ,2Δ,3Δ,...加载速度5 mm/min,采样频率不变,试验中每级加载做3次循环,当某级加载出现明显破坏现象时,持载,观察和记录破坏现象。当位移增大到试件纵筋断裂或试件强度下降至最大强度的85%时,结束试验。

4.2 试验现象

滞回位移在3 mm以下时,无明显裂缝。10 mm时,北柱S2、S3距墩底54 cm处各出现一

条裂缝; S1 距墩底 14 cm 处出现一条斜裂缝, 已有裂缝出现扩展延伸现象; 南柱 S2 距墩顶 8 cm 处出现一条斜裂缝, S4 距墩顶 25 cm 处出现一条裂缝, 已有裂缝扩展延伸。30 mm 时, 南柱 S2 墩底裂缝急剧开展, 距墩底 36 cm 处出现一条斜裂缝。60 mm 时, 南柱墩顶、墩底出现混凝土保护层脱落现象, S3 桥墩纵向钢筋露出。70 mm 时, 北柱墩底 S3、S4 混凝土保护层大面积成块脱落, 纵筋与箍筋外露, 约束混凝土剥落严重, 北柱 S3 角隅处纵筋屈服, 此时抗力下降至峰值荷载的 85% 以下, 结束 JD-7 试件试验加载, 桥墩破坏情况如图 8 所示。



(a) 墩底裂缝 (b) 墩顶混凝土剥落

图 8 桥墩试件破坏现象

Fig. 8 Pier specimen failure

预应力节段拼装桥墩是以弯曲破坏为主的延性破坏, 表现为裂缝由小至延伸扩展, 混凝土保护层剥落, 钢筋外露, 试件破坏。与常见的整体现浇桥墩比较, 预应力节段拼装桥墩裂缝出现时间有延缓, 数量减少, 节段间无明显裂缝产生, 混凝土保护层剥落面积较少。

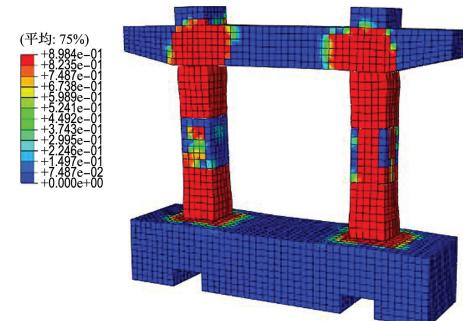
4.3 数值模拟分析

为更好地研究预应力节段拼装桥墩受力破坏机理, 对 JD-7 桥墩试件做有限元模拟。通过增大位移幅值对桥墩施加逐级变大的力, 位移幅值由 0 至 70 mm 逐渐递增。根据桥墩的耗能分布特点分析桥墩试件在破坏时的损伤破坏情况, 其受压、受拉损伤参量云图如图 9 所示。

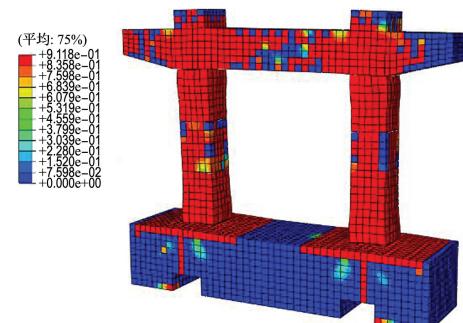
装配式节段拼装桥墩随着桥墩加载位移幅值增大, 构件的塑性损伤也随之增大, 累积到一定程度导致桥墩破坏, 这与桥墩构件在试验中破坏形态完全一致。破坏严重区域主要集中在墩顶、墩底处, 这与以往单柱墩模拟时破坏主要集中在墩底处有所差异, 分析认为这是由于双柱墩产生了不

同于单柱墩的轴动力, 影响了塑性铰的分布及长度。

节段拼装桥墩采用预应力筋连接, 在拟静力试验中近似于三角形结构, 增大桥墩稳定性。节点处由于应力集中, 会率先发生破坏, 钢筋骨架受力分布如图 10 所示。



(a) 模型受压损伤破坏



(b) 模型受拉损伤破坏

图 9 模型损伤破坏应力图

Fig. 9 Model damage failure stress diagram

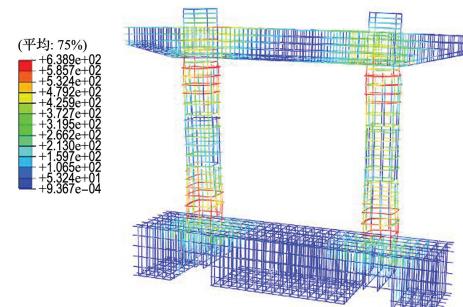


图 10 钢筋骨架应力图

Fig. 10 Stress diagram of reinforcement skeleton

应力值较大处集中在桥墩墩底、墩顶的塑性铰区域, 节段间榫卯剪力键提供抗剪承载力, 减小了桥墩节段间应力及位移, 提高了节段间的抗滑移作用, 增强整体自复位性能, 如图 11、12 所示。

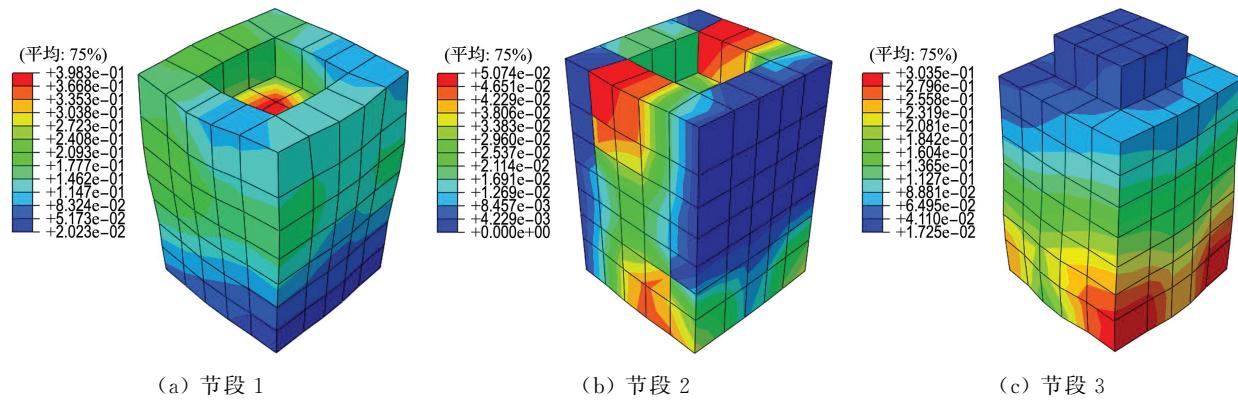


图 11 桥墩节段应力云图

Fig. 11 Pier segment stress nephogram

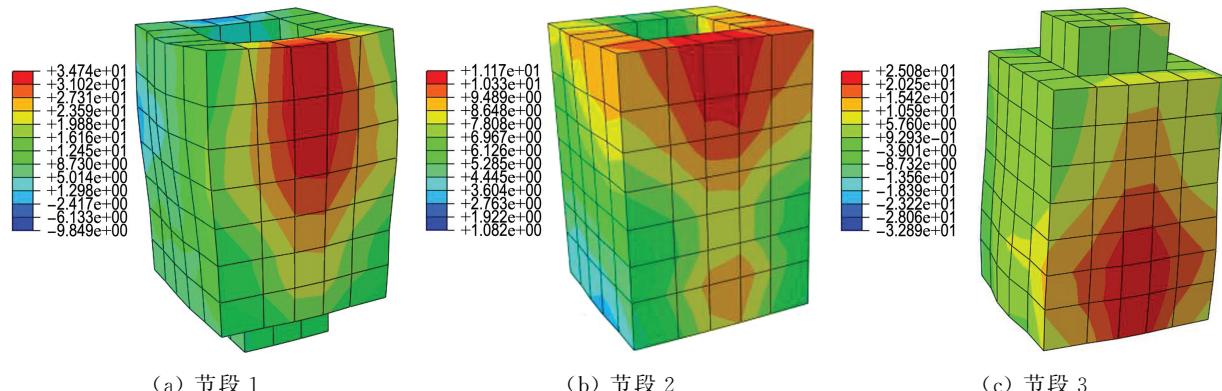


图 12 桥墩节段水平位移图

Fig. 12 Pier segment horizontal displacement map

5 试验结果与模拟结果比较

对 JD-7 桥墩试件进行 ABAQUS 拟静力试验模拟, 将得到的骨架曲线与试验骨架曲线^[18]进行对比, 验证有限元建模方法的准确性, 模拟值与试验值对比如图 13 所示。

模拟得到的骨架曲线呈试验得出的梭形^[19], 说明模拟桥墩试件滞回曲线^[20]饱满, 有良好的耗能能力, 与试验桥墩表现一致。预应力节段拼装桥墩模拟结果与试验结果存在些许差异, 分析认为可能是桥墩节段之间接缝处存在混凝土开裂、剥落, 导致其刚度和强度退化, 纵向钢筋主要起约束混凝土作用, 也可能是本文在模拟时没有考虑桥墩试件的相对滑移现象^[20]。模拟的桥墩极限承载力和极限位移与试验结果十分接近, 验证了用 ABAQUS 建立拟静力桥墩试验的准确性和可行

性。试验结果与模拟值如表 4 所示。

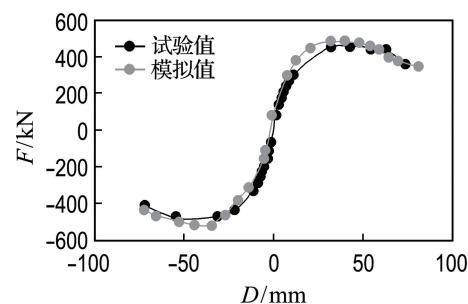


图 13 JD-7 骨架曲线对比

Fig. 13 Comparison of JD-7 skeleton curves

通过将模拟值与试验数据对比可得, 误差均在 15% 之内, 验证了有限元模拟的准确性和可行性。

表 4 抗震性能参数对比

Tab. 4 Comparison of seismic performance parameters

试件 编号	屈服荷载			极限荷载			屈服位移			极限位移		
	试验/kN	模拟/kN	误差/%	试验/kN	模拟/kN	误差/%	试验/mm	模拟/mm	误差/%	试验/mm	模拟/mm	误差/%
JD-7	267.41	304.75	13.96	360.70	320.48	11.15	9.32	9.89	6.12	73.31	77.92	6.29

6 结 论

(1)从试验与模拟得到的数据分析可知,随着预应力度的增大,桥墩试件承载力和屈服力有一定提高,累积耗能能力也有所增强,但对桥墩延性及残余位移影响不大。

(2)节段间榫卯剪力键提供抗剪承载力,减小了桥墩节段间应力及位移,提高了节段间的抗滑移作用。

(3)对比模拟与试验结果发现,模拟的滞回曲线与试验所得曲线的拟合度较好,屈服荷载、屈服位移等抗震参数相差不超过 15%,说明有限元模型对节段拼装桥墩的理论分析较为准确。

参 考 文 献 :

- [1] 铁道部大桥局桥研所情报室. 近代国外桥梁发展概述 [J]. 国外桥梁, 1976(3):1-48.
Information Office of Bridge Research Institute, Bridge Bureau of Ministry of Railways. Overview of bridge development abroad in modern times [J]. **Foreign Bridges**, 1976(3):1-48. (in Chinese)
- [2] 陈彪. 桥梁预制节段拼装施工技术发展概述 [J]. 筑路机械与施工机械化, 2014, 31(3):31-36.
CHEN Biao. Overview of development of precast segment assembling technology for bridge [J]. **Road Machinery & Construction Mechanization**, 2014, 31(3):31-36. (in Chinese)
- [3] MULLER J M, BARKER J M. Design and construction of Linn Cove Viaduct [J]. **PCI Journal**, 1985, 30(5):38-53.
- [4] MULLER J M, BARKER J M. Joint heating allows winter construction on Linn Cove Viaduct [J]. **PCI Journal**, 1982, 27(5):120-130.
- [5] BILLINGTON S L, BARNE R W, BREEN J E. Precast segmental substructure system for standard bridges [J]. **PCI Journal**, 1999, 44(4):56-73.
- [6] 王志强, 葛继平, 魏红一. 东海大桥预应力混凝土桥墩抗震性能分析 [J]. 同济大学学报(自然科学版), 2008, 36(11):1462-1466, 1500.
WANG Zhiqiang, GE Jiping, WEI Hongyi. Seismic performance of prestressed concrete bridge column
- [7] 曾平喜, 唐衡, 冯永明. 杭州湾跨海大桥预制墩身施工技术 [C] // 2005 年全国桥梁学术会议论文集. 北京: 人民交通出版社, 2005:510-522.
ZENG Pingxi, TANG Heng, FENG Yongming. Construction technology for precast pier of Hangzhou Bay Bridge [C] // **Proceedings of the National Conference on Bridge Engineering China 2005**. Beijing: China Communications Press, 2005: 510-522. (in Chinese)
- [8] 郭熙冬. 港珠澳大桥承台墩身工厂化预制施工技术 [J]. 桥梁建设, 2014, 44(2):107-111.
GUO Xidong. Construction techniques for factory precasting of pile caps and pier shafts of Hong Kong-Zhuhai-Macao Bridge [J]. **Bridge Construction**, 2014, 44(2):107-111. (in Chinese)
- [9] 中华人民共和国建设部. 普通混凝土力学性能试验方法标准: GB/T 50081—2002 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.
Ministry of Construction of the People's Republic of China. Standard for Test Method of Mechanical Properties on Ordinary Concrete: GB/T 50081-2002 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2003. (in Chinese)
- [10] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 水泥基灌浆材料应用技术规范: GB/T 50448—2015 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2015.
Ministry of Housing and Urban-Rural Development of the People's Republic of China. Technical Code for Application of Cementitious Grout: GB/T 50448-2015 [S]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2015. (in Chinese)
- [11] 佚名. 金属材料室温拉伸试验方法 [J]. 理化检验·物理分册, 2003, 39(5):253-257, 270.
Anon. Metallic materials-tensile testing at ambient temperature [J]. **Physical Testing and Chemical Analysis Part A: Physical Testing**, 2003, 39 (5): 253-257, 270. (in Chinese)
- [12] 聂建国, 王宇航. ABAQUS 中混凝土本构模型用于模拟结构静力行为的比较研究 [J]. 工程力学, 2013, 30(4):59-67, 82.
- of East Sea Bridge [J]. **Journal of Tongji University (Natural Science)**, 2008, 36(11):1462-1466, 1500. (in Chinese)

- NIE Jianguo, WANG Yuhang. Comparison study of constitutive model of concrete in ABAQUS for static analysis of structures [J]. **Engineering Mechanics**, 2013, **30**(4):59-67, 82. (in Chinese)
- [13] 赵彦, 谢长旺, 姜虹羽, 等. 矩形空心钢筋混凝土桥墩抗震性能试验研究综述 [J]. 防灾科技学院学报, 2010, **12**(2):17-20.
- ZHAO Yan, XIE Changwang, JIANG Hongyu, et al. Overview of experimental studies on seismic performance of rectangular hollow reinforced concrete bridge piers [J]. **Journal of Institute of Disaster Prevention**, 2010, **12** (2): 17-20. (in Chinese)
- [14] PARK R. Evaluation of ductility of structures and structural assemblages from laboratory testing [J]. **Bulletin of the New Zealand National Society for Earthquake Engineering**, 1989, **22**(3):155-166.
- [15] 李芳宝. 基于性能抗震设计中的桥墩残余位移问题 [D]. 北京: 北京交通大学, 2007.
- LI Fangbao. Residual displacement in performance-based seismic design of bridge pier [D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2007. (in Chinese)
- [16] 葛继平, 王志强, 李建中, 等. 装配式预应力混凝土双柱桥墩抗震性能研究进展 [J]. 地震工程与工程振动, 2013, **33**(3):192-198.
- GE Jiping, WANG Zhiqiang, LI Jianzhong, et al.
- Recent development in seismic performance of prestressed concrete precast segmental double-column piers [J]. **Journal of Earthquake Engineering and Engineering Vibration**, 2013, **33**(3): 192-198. (in Chinese)
- [17] 张战廷, 刘宇锋. ABAQUS 中的混凝土塑性损伤模型 [J]. 建筑结构, 2011, **41**(S2):229-231.
- ZHANG Zhanting, LIU Yufeng. Concrete damaged plasticity model in ABAQUS [J]. **Building Structure**, 2011, **41**(S2):229-231. (in Chinese)
- [18] 李贵乾. 钢筋混凝土桥墩抗震性能试验研究及数值分析 [D]. 重庆: 重庆交通大学, 2010.
- LI Guiqian. Experimental study and numerical analysis on seismic performance of reinforced concrete bridge columns [D]. Chongqing: Chongqing Jiaotong University, 2010. (in Chinese).
- [19] 朱伯龙. 结构抗震实验 [M]. 北京: 地震出版社, 1989.
- ZHU Bolong. **Structural Seismic Experiment** [M]. Beijing: Seismological Press, 1989. (in Chinese)
- [20] 刘丰. 节段拼装预应力混凝土桥墩拟静力试验和分析研究 [D]. 上海: 同济大学, 2008.
- LIU Feng. Cyclic tests study and nonlinear finite element analysis on seismic behavior of prestressed precast segmental bridge piers [D]. Shanghai: Tongji University, 2008. (in Chinese)

Research on effect of prestress degree on seismic performance of segmental assembly piers

BAO Longsheng, SONG Jihong, YU Ling*

(School of Transportation and Engineering, Shenyang Jianzhu University, Shenyang 110168, China)

Abstract: In order to study the effect of prestress degree on seismic performance of segmental assembly piers, ABAQUS finite element software is used to simulate and analyze the pier under different prestress degrees, and the accuracy of the simulation is verified by quasi-static test. The results of simulation and test show that: The hysteretic curve of the prestressed segmental assembly pier is flag type; The tenon and tenon shear keys provide shear bearing capacity, reduce the stress and displacement between the pier segments, and avoid the relative slippage between the segments; Compared to the test, the error of numerical simulation of the piers by ABAQUS finite element software is not more than 15%; With the increase of prestress degree, the yield displacement and limit displacement of segmental assembly pier are improved to a certain extent, and the accumulative energy dissipation capacity is improved significantly, but it has little effect on the ductility and residual displacement of the piers.

Key words: segmental assembly pier; seismic performance; quasi-static test; prestress degree; numerical analysis